

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- /• BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- /• BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-215547

(43) 公開日 平成5年(1993)8月24日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 11/06		6843-2F		
G 0 6 F 15/62	4 1 5	9287-5L		
15/70	4 0 0	9071-5L		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平4-20797

(22) 出願日 平成4年(1992)2月6日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 井手 敦志

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 立田 光廣

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 成瀬 央

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 菅 隆彦

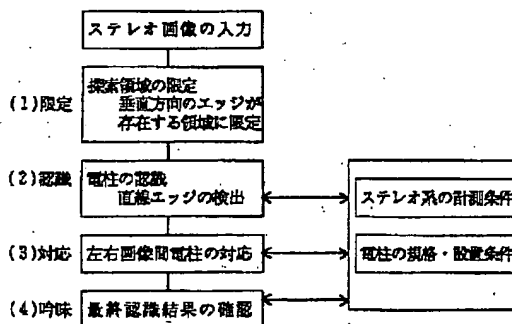
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステレオ画像間対応点決定方法

(57) 【要約】

【目的】 左右ステレオ濃淡画像間の対応点決定に於いて、ステレオ濃淡画像間の対応点決定を、探索対象物の物理的特性とステレオ撮像条件を活かし、自動的にかつ効率良く正確に行う。

【構成】 濃淡画像を用いたステレオ画像間で対応点を決定する方法に於いて、探索対象物体の物理的特性とステレオ撮像条件を予め認知すると共に、前記探索対象物体の一部又は全部の存在可能領域を撮像画面上で限定する限定ステップと、当該限定ステップにて限定された探索領域中で前記探索対象物体の物理的特性を利用し、探索対象物体を認識する認識ステップと、当該認識ステップの左右画面中の認識結果を基に、前記ステレオ撮像条件より帰結される条件を利用した左右画像間の対応を求める対応ステップと、当該対応ステップでの対応結果を仮定して実空間に於ける寸法を求め、当該寸法が前記探索対象物体の物理的特性を満足するか否かを吟味する吟味ステップを順次段階経由して取捨判断して行き最終的に正しい対応点に選択絞り込むことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】濃淡画像を用いたステレオ画像間で対応点を決定する方法に於いて、探索対象物体の物理的特性とステレオ撮像条件を予め認知すると共に、前記探索対象物体の一部又は全部の存在可能領域を撮像画面上で限定する限定ステップと、当該限定ステップにて限定された探索領域中で前記探索対象物体の物理的特性を利用し、探索対象物体を認識する認識ステップと、当該認識ステップの左右画面中の認識結果を基に、前記ステレオ撮像条件より帰結される条件を利用した左右画像間の対応を求める対応ステップと、当該対応ステップでの対応結果を仮定して実空間に於ける寸法を求め、当該寸法が前記探索対象物体の物理的特性を満足するかどうかを吟味する吟味ステップを順次段階経由して取捨判断して行き最終的に正しい対応点に選択絞り込むことを特徴とするステレオ画像間対応点決定方法

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ステレオ濃淡画像に於いて、左右画像間の自動対応を決定するステレオ画像間
20 対応点決定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一対のステレオ画像より3次元情報を抽出するには、一方の画面上での一点（特徴点）が他方の画面上のどの点に対応するかを検出することが必要であるが、写真など濃淡画像を用いたステレオ画像計測に於いては、前記他方の画面上に於ける対応点の決定が困難*

$$c = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (I_a(i, j) - \mu_a) (I_b(i, j) - \mu_b)}{\sqrt{\sigma_a^2 \sigma_b^2}} \quad \dots (1)$$

【0006】よって、一方のステレオ濃淡画面上に於いて、他方の特徴点の対応点が存在する可能性のある領域に沿って前記式(1)にて相互相関値cを計算し、当該相互相関値cが最大となる点を対応点とする。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方法は確実ではあるが、多くの演算処理時間を要するのが欠点であり、さらに左右ステレオ濃淡画像間で対称点が存在しない場合には、無駄な演算処理と誤対応が行われることとなる。こゝに於いて、本発明は、前記従来の課題に鑑み、ステレオ濃淡画像に於いて対称点を検出してその3次元距離を算出するプロセスを全自動化し、画像処理を用いた測定のための稼働を大幅に削減しようとするもので、検出した特徴量の採否に用いる閾値として、物理的に根拠のある値を用いることにより、従来の紙上計算のみの閾値に依存する結果の曖昧さを解消し、かつ対称点候補の限定による処理の効率化を図ったステレオ
40

*で、特に複雑なシーンでは弱い特徴点に対して誤対応を含んだ多くの対応候補点が現れるという問題が生じる。

【0003】前記ステレオ濃淡画像計測技術は、一対の撮影画像を基に複数の対称物点の3次元座標を算出出来るため、解析写真測量として主に航空写真による地形図作成に用いられている。この場合、実際問題として、自動化に際しての最大の課題は一対のステレオ濃淡画面上での対称点の検出である。しかしながら、当該対称点の決定は現時点では諸問題があり、逐一人手に依存しているのが現状である。

【0004】前記ステレオ濃淡画像に於ける対称点は、通常左右画面間の類似性を調べることで得られる。即ち、一方の画面上の一点（特徴点）に対応した他方の画像上の対応点は、当該対応点が存在する可能性のある直線に沿った、ある小領域に付いて画像の類似性を調べることで見いだされる。ここで、最も確実と思われる類似性評価法は両画面上の画像の相互相関値を調べることである。

【0005】左右のステレオ濃淡画像上に於いて、それぞれ任意の小領域を同一の $m \times n$ の大きさの矩形領域にとり、前記左右のステレオ画面上に於ける当該小領域内部の各々の特徴点の明るさをそれぞれ $I_a(i, j)$ 、 $I_b(i, j)$ とする。いま、それぞれの小領域に付いて明るさの平均と分散を μ_a 、 μ_b 、 σ_a^2 、 σ_b^2 とすると、前記左右のステレオ濃淡画面上の小領域間の相互相関値cは次式で与えられる。

【数1】

画像間対応点決定方法を提供せんとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題の解決は、本発明が次の新規な特徴的構成手法を採用することにより達成される。即ち、本発明の特徴は、濃淡画像を用いたステレオ画像間で対応点を決定する方法に於いて、探索対象物体の物理的特性とステレオ撮像条件を予め認知すると共に、前記探索対象物体の一部又は全部の存在可能領域を撮像画面上で限定する限定ステップと、当該限定ステップにて限定された探索領域中で前記探索対象物体の物理的特性を利用し、探索対象物体を認識する認識ステップと、当該認識ステップの左右画面中の認識結果を基に、前記ステレオ撮像条件より帰結される条件を利用した左右画像間の対応を求める対応ステップと、当該対応ステップでの対応結果を仮定して実空間に於ける寸法を求め、当該寸法が前記探索対象物体の物理的特性を満足するかどうかを吟味する吟味ステップを順次段階経由して
50

取舍判断して行き最終的に正しい対応点に選択絞り込んでなるステレオ画像間対応点決定方法である。

【0009】

【作用】本発明は、前記の様な手段を講じたので、画像撮像時のステレオ撮像条件及び計測対象たる探索対象物の物理的特性を利用する。先ず、ステレオ左右各画面上に於いて、適宜手段にて探索対象物の探索領域の限定を行い、次に、当該探索領域に於いて前記探索対象物の認識を物理的特性を利用して行う。

【0010】更に、ステレオ左右各画像間の対応に於いて、前記ステレオ撮像条件を利用して可能な組合せを制限し、最後に当該組合せに対し、実空間上での寸法を算出し、前記探索対象物体の物理的特性を満足するか否かの吟味を行う。以上、限定、認識、対応、吟味の4ステップを順次踏むことにより、前記探索対象物のステレオ左右各画面上での対応及びその3次元距離を自動的に効率的に求める。

【0011】

【実施例】本発明の実施例を図面につき詳説する。図1は本実施例に使用するフローチャートで、大きく(1)限定、(2)認識、(3)対応、(4)吟味の4ステップに分割される、図2は同・限定ステップで使用する2つの空間微分オペレータ、図3は同・認識ステップに於ける電柱の幅の条件を示す説明図、図4は同・対応ステップに於ける左右画像間の最大誤差を示す説明図である。

【0012】先ず本実施例のステレオ画像間対応点決定方法の概略作業手順を説明する。尚、本実施例では、電柱Pを例にとり順次図1のフローチャートに則ってステップ別に説明を進めるが、これは計測系の光軸を水平に保つという通常の撮影条件のもとで、撮像画面内の電柱Pは直線エッジが比較的長く、しかも鉛直方向に直立しており、その特徴量が際立っていること、亦、人工物であるため、直径、高さなどの規格、設置条件が既知であるという理由による。

【0013】(1) 限定ステップ

通常の撮影条件のもとでは、電柱Pの輪郭線を表すエッジP1の大部分は、視線より上方、即ち画面の上半分に存在することから、電柱Pの探索領域をこの領域に限定出来る。これにより地上構造物等による雑音を大幅に排除することが出来る。

【0014】前記電柱Pを構成する直線エッジP1の探索領域を画面の上半分より更に限定した領域に絞るため、ステレオ計測により得られた画像データに対し、図2(a)(b)に示す様な2つの3×3の微分オペレータを作用させ、各画像α毎に2種類のオペレータ(a)(b)の作用値の大きい方を採用し、当該作用値が一定の閾値を越えるときエッジ画素と判定する。

【0015】前記手順にて得たエッジ画素のみで構成される画像αを、ここでは鉛直線抽出微分画像αと呼称す

る。当該鉛直線抽出微分画像αを用いて、画像α内の鉛直線成分の分布状況を以下の手順により把握出来る。即ち、当該鉛直線抽出微分画像αの上半分の全画素に付いて、水平軸へ投影してエッジP1画素数を集計した分布(周辺分布)を求めることにより、垂直方向のエッジP1が集中している領域を抽出・限定することが可能となる。

【0016】前記周辺分布の度数がある閾値より大きい領域では、当然垂直エッジの存在する確率が大きいことから、これらの矩形領域を垂直エッジの探索領域として検出・限定する。尚、前記の如く電柱Pは垂直に立設されるものであるから、この方法は極めて有効である。

【0017】(2) 認識ステップ

本ステップでは、前記限定ステップで求めた各探索領域に対して、先ず電柱Pの輪郭線の候補となる直線エッジを取り出し、次に電柱Pを構成する直線エッジ対を決定する。

【0018】直線エッジの検出は、大きく分けて以下の4つの段階からなる。

一、エッジの追跡：前記垂直エッジの探索領域に於いて、エッジの強度がある閾値より大きい画素をエッジ画素と呼称するが、ここでは、エッジの強度として水平方向の隣接画素差分の絶対値で示す。これらのエッジ画素に対して追跡処理を行い、エッジ画素列を求める。各エッジ画素は、水平軸方向の隣接画素差分分布に正規分布を当てはめ、その頂点位置をエッジ位置としてサブピクセル精度で算出しておく。

【0019】二、直線成分の取り出し：本段階では、前段階で得られたエッジ画素列から直線成分を取り出す。前段階の追跡結果のエッジ列の始めの3画素に対して最小二乗近似直線を求め、同様のプロセスを繰り返す。追加した画素が連続して不採用になった場合、直線エッジ画素列の終端とする。残りのエッジ列に付いて別の直線エッジとして同様のプロセスを繰り返す。更に、同様の処理を追跡エッジ画素列の順逆二方向に対して行う。この過程により追跡結果は直線成分に分解される。

【0020】三、直線成分の結合：前段階で得られた各エッジ列に対して、その最小二乗近似直線からある閾値以内の距離にある他のエッジ列のエッジ画素を取り組む。当該取り組まれたエッジ画素を含めて新たに最小二乗近似直線を求め、以下同様のプロセスを繰り返し、取り組むエッジ画素が無くなれば終了する。本段階は前段階で分解した直線エッジを統合する段階であり、この処理によって看板等の遮蔽物による誤認識等の悪影響を減少せしめることが出来る。

【0021】四、代表直線の選抜：全段階での直線エッジの統合結果は、理想的には少数の異なる直線エッジに収束すべきものであるが、現実にはその直線の角度及び位置が類似し、大部分のエッジ画素を共有する複数の直線で構成されるグループが形成される。これらのグルー

プの内の各直線は本来同一直線を表すものと考えられるので、当該各直線グループから画素数最大のものを代表として決定する。尚、抽出された全ての直線エッジにラベル付けを行う。

【0022】次に、電柱Pの認識に付いて述べる。前記の方法で検出した直線エッジに付いて、その属性から電柱Pの輪郭線を構成する二本の直線エッジP1を決定する。前記直線エッジ検出の際、エッジの端点位置、エッジの向き及び構成画素数等の属性を格納しておく。

【0023】ここで、画像中で、電柱Pの輪郭線を構成する二本の直線エッジP1の条件に付いて以下に述べる。

$$D = (d/h) H < (d_{\max}/h_{\min}) (N_x/2) \text{ (pixel)} \quad \dots (2)$$

【0025】但し、d、hはそれぞれ実空間上の電柱Pの直径、計測系の二本のカメラ光軸のなす平面より上方にある電柱Pの長さを表し、亦、 N_x は撮像画像の縦方向の総画素数、 d_{\max} は電柱Pの規格値の最大直径である。 h_{\min} はhの最小値であるが、以下のように求められる。先ず、hを表す式は次式である。

【数3】

$$h = l_0 - h_0 - b \quad \dots (3)$$

【0026】式(3)中、図4(b)に示す様、 L_0 は電柱の総長、 h_0 はカメラ視点の地面からの高さ、 b は電柱Pの地面Gに埋もれている長さであり、軟弱地盤の場合に最大値 $b_{\max} = L_0/5$ である。更に、 L_0 に対しても最短の規格があり、これを L_{\min} で表すと、次式になる。

【数4】

$$h_{\min} = (4/5) l_{\min} - h_0 \quad \dots (4)$$

従って、計測系の視点の高さにより、前記計測系の二本のカメラ光軸の成す平面より上方にある電柱Pの長さの※

$$\phi < \tan^{-1} (2a/L) = 2a/L \quad \dots (5)$$

尚、式(5)に於いて、 $2a \ll L$ とした。

【0029】一方、図4(b)に示す様に、カメラの視野角の半値を θ 、視線より上方の電柱Pの高さをhとすると、電柱Pの頂上が視野内にあるという条件は、

【数6】

$$\theta > \tan^{-1} (h/L) = h/L \quad \dots (6)$$

尚、式(6)に於いても、 $h \ll L$ とした。

【0030】前記式(5)、(6)より、全視野角 2θ に対する電柱視差 ϕ の割合は次式を満足する。

【数7】

$$\phi < 2\theta < a/h \quad \dots (7)$$

【0031】従って、左右画像間の最大視差画素数 I_{dp} 50

*一、エッジの向き：電柱Pの輪郭線を構成する左右二本の直線エッジP1の向きは反対であり、2通りの直線エッジの組合せが考えられる。これは背景の状況に応じて電柱Pの左右の輪郭線をなす直線エッジP1の向きが代わり得ることを考慮するためである。

【0024】二、電柱Pの幅：図3に示す様、撮像画面上で電柱Pの頂上が観測出来る場合、電柱Pの幅をD(pixel)、カメラ視線より上方の電柱Pの長さをH(pixel)とすると、実空間上の電柱Pと画像中の電柱P像とが相似であるという条件より、次の関係式が成立する。

* 【数2】

※最小値 h_{\min} が決定出来る。

【0027】三、電柱Pの縦横比：撮像画面上で電柱Pの頂上が観測出来る場合、即ち、電柱Pを構成する二本の輪郭線の上端点が共に画像内に十分に収まっている場合を考える。この場合、電柱Pの幅をD(pixel)とし、カメラ視線より上方の電柱の長さをH(pixel)とすれば、電柱の縦横比 H/D の最小値は、 h_{\min}/d_{\max} で与えられる。以上の属性は、ステレオ撮像系及び電柱Pの規格から決定される内容であり、電柱Pを構成する輪郭線のエッジP1列は前記条件を全て満足しなければならない。

【0028】(3) 対応ステップ

本工程では、左右各画像で認識された電柱Pの中心線に対して、左右画像間で対応の可能な電柱Pが満足すべき条件に付いて述べる。

一、左右画像間最大誤差：図4(a)に示す様、カメラから電柱Pまでの距離の短い方をLとし、電柱Pの中心線を2台のカメラから見込む角度を ϕ とすると、

【数5】

$= N_x (\phi/2\theta)_{\min}$ は次式で与えられる。

【数8】

$$I_{dp} = N_x \cdot a/h_{\min} \quad \dots (8)$$

【0032】式(8)に於いて、 N_x は撮像画像の横方向の総画素数を表し、 h_{\min} は視線より上方の電柱Pの高さhの最小値で、前記式(4)で与えられる。亦、同一電柱P中心位置の左眼及び右眼座標系でのu座標値をそれぞれ u_l 、 u_r で表すと、これらは次の関係式を満足する。

【数9】

$$0 < u_l - u_r < I_{dp} \quad \dots (9)$$

【0033】二、電柱Pを構成するエッジP1の向き：

同一の電柱Pならば、左右画像間で、それを構成する直線エッジの向きは同一でなければならない。尚、左右画像間で対応のとれる電柱P中心位置の画面上の位置は式(9)を満足しなければならない。よって、式(9)を満足しないものは誤対応として除外出来る。

【0034】(4) 吟味ステップ

前ステップ(1)～(3)迄で、左右画像間の電柱Pの対応が決定されるのであるが、全てが正しい組合せとは限らない。そこで、本ステップ(4)では得られた組合せを用いた結果が、実空間上での電柱Pの属性の条件を満足しているかどうかを吟味する。

【0035】一、電柱Pの空間座標に付いての属性：各電柱P候補に対して視点・電柱P間距離Lを求める。画面上で電柱P幅が占める画素数をDとすると実空間上での電柱幅dは、実空間上での視野角と画面上での画素数との関係から次式で求められる。

$$d = \frac{D}{N_u} 2\theta \cdot L \quad \dots (10)$$

【0036】上式を用いて、実空間上での電柱幅dを求めるが、これが電柱P直径の規格を満足しない場合、その組合せは誤りであることが分かる。左右電柱幅dの測定誤差変化の方向は一致するという測定知識も当該吟味ステップに用いることが出来る。

【0037】二、実現可能な組合せ：画面上での電柱Pの認識ステップ(2)で、同一の直線エッジを複数の電柱候補が共有することを認めているため、電柱P直径の規格を満たすだけではそれが現実には正しいとは限らない。従って、同時に成立可能な電柱Pの組み合わせを考慮して、最終的な認識結果とする。

*【0038】(具体的計算例) 本実施例のステレオ画像間対応点決定方法の概略手順は、この様な作業段階を経て行われるが、次に数値を用いて具体的に計算を行う。図5(a)、(b)はステレオ画像計測の対象画像で、これらの画像は512×480画素、RGB各256の階調を持つカラー画像である。図6は本計算例の限定ステップ(1)に於ける垂直エッジの周辺分布を示すグラフ、図7は同・探索領域の検出結果を示すグラフ、図8は同・直線エッジの検出結果を示すグラフである。

【0039】但し、ここでは画像の濃淡値として、R成分、G成分、B成分の3つの平均値を用いた。亦、計測条件は、焦点距離16.1mm、ステレオカメラ間距離0.8m、表示画面の1画素の大きさは12.8μmに相当する。以下、限定、認識、対応、吟味それぞれのステップ段階に従って、処理結果に付いて述べる。

【0040】(1) 限定ステップ：対象濃淡画像の左画面、図5(a)に対する微分画像を求め、その上半分画面内画素をu軸(水平軸)上へ投影することにより得た周辺分布を図6に示す。尚、当該図6では、横軸は撮像画面の横軸を示し、縦軸はエッジ画素の度数を表す。

【0041】本計算例では、図中破線で示す度数20を越える領域を探索領域とし、その探索領域の検出結果を図7に示す。図7(a)、(b)に於いて、外枠は画面全体を表し、その中の矩形領域が探索領域を表す。尚、本計算例では、探索領域は左画面(a)6個、右画面(b)7個で、合計13個求められた。

【0042】(2) 認識ステップ：認識過程の第1段階として、図7に示した各探索領域に対し、垂直方向の垂直エッジの抽出を行った。例として、探索領域5、6での直線エッジ検出過程を表1に示す。

【表1】

表1 直線エッジ検出過程

直線エッジ検出段階	エッジ画素列数	
	探索領域番号5	探索領域番号6
(1) エッジ追跡	12	16
(2) 直線成分取り出し	30	60
(3) 直線成分結合	15	19
(4) 代表直線選抜	6	7

【0043】どちらの探索領域5、6に於いても、エッジ画素列数が途中で増加しているが、最終的には7本以内となった。亦、エッジ追跡過程の後で直線線分を取り出していくことから、正確な追跡結果を必要としないこと、障害物等で分断されたエッジも一つのエッジ列とし

て検出出来る等の特徴があり、濃淡画面に於いて確実な直線エッジの検出が可能である。

【0044】次に、各探索領域に付いて直線エッジの検出を行った結果を表2に示す。

【表2】

表2 各探索領域の直線エッジ検出数

探索領域番号	直線エッジ数	探索領域番号	直線エッジ数
1	0	7	0
2	0	8	0
3	1	9	1
4	1	10	1
5	2	11	2
6	4	12	4
		13	2

【0045】ここでは構成画素数50以上の直線エッジを採用し、最終的には左画面(a)、右画面(b)に於いて、それぞれ8本、10本の直線エッジが求められた。この結果を図8(a)、(b)及び以下の表3に示す。

【表3】

表3 直線エッジ検出結果

エッジ番号	構成画素数	直線端点位置				傾き(°)
		Utop	Vtop	Ubtm	Vbtm	
1	94	117.50	102	118.75	237	0.56
2	52	169.00	95	169.00	236	0.18
3	157	206.00	66	204.32	236	-0.34
4	146	209.79	67	209.84	219	-0.07
5	90	425.64	52	422.00	236	-0.99
6	115	429.77	93	430.00	237	0.18
7	91	436.00	53	438.50	237	0.86
8	125	441.00	90	443.00	237	0.74
9	103	88.50	109	90.38	237	0.68
10	152	139.00	101	141.22	237	0.91
11	149	178.37	70	176.35	237	-0.54
12	134	183.24	67	181.88	218	-0.28
13	186	398.95	93	397.00	228	-0.73
14	101	405.00	54	404.83	237	-0.01
15	114	409.25	94	409.00	229	0.01
16	192	416.00	91	418.00	237	0.81
17	119	508.68	35	474.00	160	-15.68
18	103	508.77	109	475.00	222	-16.85

*【0046】表3中のエッジ番号は、図8中の番号に対応する。尚、表3で(u_{top}, v_{top})は直線エッジの上端点位置、(u_{btm}, v_{btm})は下端点位置で、画面左上を原点(0, 0)、右下を(511, 479)とする座標系での位置を表している。亦、図8(a)、(b)に於いて矢印の向きはエッジの方向を示している。直線エッジの検出レベルでは、電柱Pを構成する直線エッジ候補がこの様に求められた。

【0047】当該認定ステップの第2段階として、上記
20 検出された直線エッジに対し、電柱Pの認識を行う。前記本実施例の認識ステップ(2)の規定([0022]～[0027])を適用した結果を表4に示す。

【表4】

表4 電柱認識結果

電柱番号	左側エッジ番号	右側エッジ番号
1	3	4
2	5	6
3	6	7
4	7	8
5	11	12
6	13	14
7	14	15
8	15	16

【0048】表3と比して分かるように、直線エッジ1, 2, 9, 10は端点位置が大きく異なるため電柱Pの対を構成し得ないので除去されており、亦、直線エッジ17, 18は傾きが異常に大きい為に除去されている。更に、同一の直線エッジが重複して電柱候補となつ

ているが、左右の画像で直線エッジ番号5と8及び13と16の組合せが電柱として採用されていない理由は、電柱Pの縦横比が小さ過ぎるからである。即ち、 $h_{rel} = 3.3m$, $d_{rel} = 0.39m$ であるので、現実の最小縦横比は10.6となるが、前記直線エッジ番号5と

8及び13と16の組合せの場合の縦横比は9.5で条件を満たしていないからである。

【0049】(3) 対応ステップ：左右両画面(a)(b)間での電柱Pの対応結果を表5に示す。

【表5】

表5 電柱対応結果

対応電柱番号	左画面電柱	右画面電柱
1	(3, 4)	(11, 12)
2	(5, 6)	(13, 14)
3	(5, 6)	(15, 16)
4	(6, 7)	(14, 15)
5	(7, 8)	(13, 14)
6	(7, 8)	(15, 16)

【0050】表5に於いては、左右各画面(a)(b)中の電柱Pを直線エッジのペアとして(3, 4)の様に表している。前記本実施例の視差に関する規定(【00*

*28]~【0033】)により、電柱P(3, 4)は電柱P(11, 12)としか対応せず正しい結果を与える。これ以外の直線エッジペアは、他の直線エッジペアと同一の直線エッジを重複して含んでいるため、同時には実現しない組合せとなっているが、全部で6通りの解が得られた。

【0051】(4) 吟味ステップ：前記対応ステップ(3)に於いて左右画面(a)(b)の対応を求める際、同時には存在し得ない電柱Pが認識されていると、
10 本吟味ステップ(4)に於ける左右画面(a)(b)間の対応に付いても、直線エッジペアの組合せは正しくないものが含まれることになる。表5の対応結果をもとに、電柱Pの3次元位置算出結果と当該3次元位置算出結果と画面上の電柱幅Dにより導かれる現実の電柱幅dの算出結果を表6に示す。

【0052】

【表6】

表6 電柱の3次元位置、幅の算出結果

対応電柱番号	左画面電柱	右画面電柱	左画面電柱位置	右画面電柱位置	x (m)	y (m)	L (m)	左電柱幅(m)	右電柱幅(m)
1	(3, 4)	(11, 12)	207.6	180.1	-1.4	36.7	36.7	0.17	0.19
2	(5, 6)	(13, 14)	426.9	401.8	5.44	40.2	40.5	0.22	0.29
3	(5, 6)	(15, 16)	426.9	412.6	9.59	70.7	71.4	0.39	0.52
4	(6, 7)	(14, 15)	433.1	407.2	5.46	38.9	39.3	0.28	0.15
5	(7, 8)	(13, 14)	439.2	401.8	3.92	27	27.2	0.15	0.19
6	(7, 8)	(15, 16)	439.2	412.6	5.52	38	38.4	0.21	0.28

【0053】表6に於いて、どの対応電柱番号に対しても左右の電柱幅の差があるのは、左右画像間で全体の階調変化が大きい為であり、撮影時の天候の変化が原因と思われる。次に本吟味ステップ(4)での最終良否判定

結果を表7に示す。

【0054】

【表7】

表7 電柱の組み合わせ結果

組合せ 番号	対応電柱 番号	左画面 電柱	右画面 電柱	良否
1	1	(3, 4)	(11, 12)	○
	2	(5, 6)	(13, 14)	○
	6	(7, 8)	(15, 16)	○
2	1	(3, 4)	(11, 12)	○
	3	(5, 6)	(15, 16)	×
	5	(7, 8)	(13, 14)	○
3	1	(3, 4)	(11, 12)	○
	4	(6, 7)	(14, 15)	×

【0055】表7に於いて、対応電柱番号4{(6, 7), (14, 15)}は、左右の電柱幅の大小関係が他の組合せと逆転していることから除外される。亦、対応電柱番号3{(5, 6), (15, 16)}に付いては、右電柱直径0.52mが電柱規格最大値 d_{max} (=0.39m)を越えていることから除外すべきものであることがわかる。これらの良否判定結果からして、表7に示す同時に実現し得る3通りの組合せの中から、対応電柱番号1, 2, 6の3本の電柱の組合せ(組合せ番号1)が最終的に得られる。

【0056】

【発明の効果】かくして、本発明によれば、左右ステレオ濃淡画像間の対応点決定に於いて、確実ではあるが多くの演算処理時間を要したり、亦、左右ステレオ濃淡画像間で対称点が存在しない場合に、無駄な演算処理と誤対応が行われることがあった従来の方法と比して、ステレオ濃淡画像間の対応点決定を効率良くかつ正確に行える等優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の作業手順を示すフローチャー

トである。

【図2】同上、限定ステップで使用する2つの空間微分オペレータであって(a)(b)はそれぞれのオペレータを示す。

【図3】同上、認識ステップに於ける電柱の幅の条件を示す説明図である。

【図4】同上、対応ステップに於ける左右画像間の最大視差を示す説明図であって(a)は平面図、(b)は側面図である。

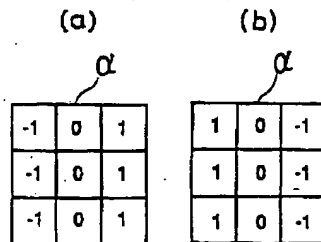
【図5】本発明の具体的計算例の計測対象たる512×480画素、RGB各256の階調を持つカラーステレオ画像であって(a)は左画面、(b)は右画面である。

【図6】同上、限定ステップに於ける垂直エッジの周辺分布を示すグラフである。

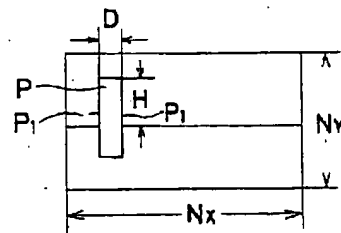
【図7】同上、探索領域の検出結果を示すグラフであって、(a)は左画面、(b)は右画面である。

【図8】同上、直線エッジの検出結果を示すグラフであって、(a)は左画面、(b)は右画面である。

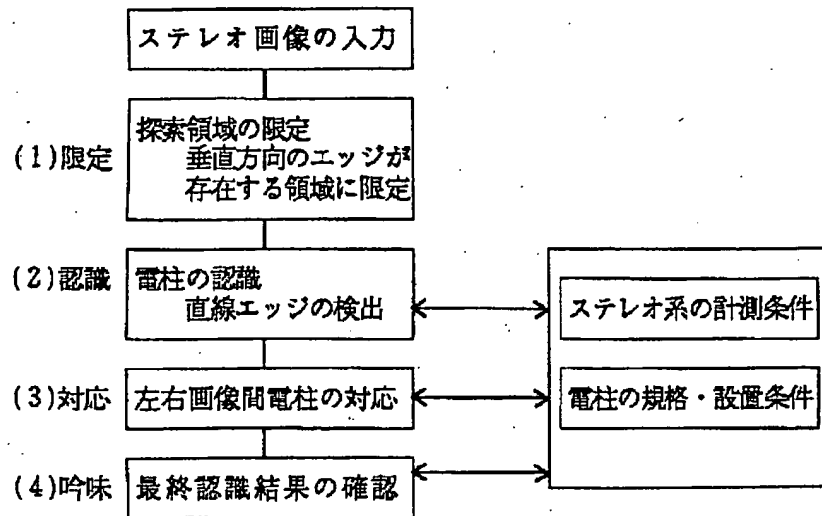
【図2】



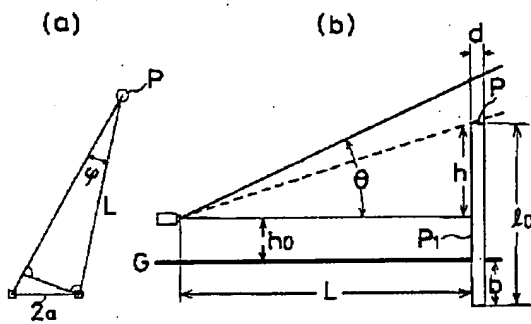
【図3】



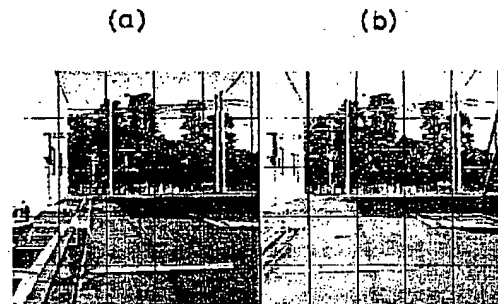
【図1】



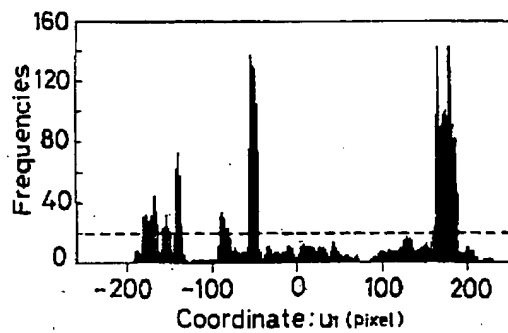
【図4】



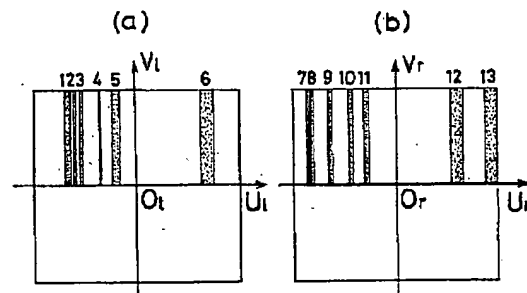
【図5】



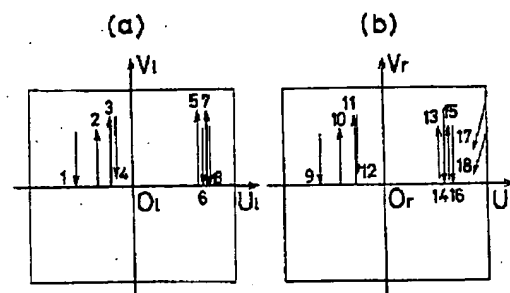
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 野引 敏

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内